

Зміст

ВСТУП.....	3
РОЗДІЛ 1 Реакція лишайників на навколишнє середовище	5
1.1 Радіочутливість лишайників до дії іонізуючої радіації	5
1.2 Реакція симбіонтів лишайникових асоціацій на техногенний вплив ..	8
РОЗДІЛ 2 Розвиток лісових екосистем за умов техногенного забруднення атмосфери.....	12
2.1 Механізми розповсюдження забруднюючих речовин в атмосфері ..	12
2.2 Токсичність газоподібних речовин для рослин і людини та нормування забруднення атмосфери	14
2.3 Моніторинг аеротехногенного пошкодження лісових екосистем	15
2.4 Діагностика пошкодження лісових екосистем	17
РОЗДІЛ 3 Загальна характеристика лишайників.....	28
Висновки	33
Перелік використаних джерел.....	34
Додатки.....	38

ВСТУП

В зв'язку з глибокою трансформацією природного середовища, що здійснюється під дією антропогенного впливу, який за своїми масштабами вийшов на планетарний рівень, а за силою та швидкістю випереджають вплив природних факторів, загострюються і стають актуальними проблеми збереження екосистеми та біосфери в цілому.

Визначення біологічно значимих антропогенних навантажень на основі реакцій на них живих організмів та їх угруповань пов'язано з біоіндикацією. Значимість рослинного покриву як індикатора стану екосистеми є в тому, що він дуже чутливо реагує на зміну екологічних факторів. Достатньо важливим є те, що він відображує емерджентний характер змін властивостей екосистем в залежності від рівня їх організації. Емерджентність - виникнення,

поява нового (часто несподіване), в теорії систем - наявність у будь-якої системи особливих властивостей, не властивих її підсистемам і блокам, а також сумі елементів, не пов'язаних системоутвірними зв'язками; неможливість зведення властивостей системи до суми властивостей її компонентів. Такі ознаки визначають придатність біоіндикації для екологічних досліджень, експертиз, прогнозування поведінки, стану та розвитку екосистем.

Найбільшого впливу господарської діяльності людини зазнають екосистеми міста. Тому важливим є контроль за станом навколишнього середовища та своєчасний аналіз забрудненості території міста. В деякій мірі ці питання дозволяє вирішити біоіндикаційна оцінка.

Актуальність теми. Посилення процесу перетворення рослинного покриву у наш час є однією з актуальних проблем сучасності. Підвищення антропогенного впливу на оточуюче середовище призводить до корінних змін в його структурі. Тому актуальність вивчення та моніторингу рослинного покриву територій, де спостерігається зростання виробництва, зокрема традиційної здравниці України – приморської частини АР Крим не викликає сумніву. Процес

моніторингу екосистем неможливий без дослідження криптогамних рослин як складової рослинного покриву. Лишайники, як компонент біогеоценозів, є дуже чутливими, реагують на незначні зміни природного середовища та можуть виступати у ролі індикаторів означених змін. Тому одним із пріоритетних завдань сучасної ботаніки є дослідження ліхенофлор окремих територій, зокрема приморських смуг.

Мета і задачі досліджень: Метою роботи є еколого-флористичне вивчення лишайників.

Об'єкт дослідження — лишайники.

РОЗДІЛ 1 Реакція лишайників на навколишнє середовище

1.1 Радіочутливість лишайників до дії іонізуючої радіації

Є регіони, де популяції живих організмів мешкають в умовах високого природного радіаційного фону. Це відбувається і в природних умовах, і на територіях техногенно забруднених радіонуклідами. Такими є природні популяції Кіровоградщини. Тут спостерігається велика кількість генетичних порушень, а популяції стають більш стійкими до радіаційного навантаження.

Вони адаптувалися до підвищеного фону, збільшилася їх радіорезистентність. [1 с. 22]

Хронічне малоінтенсивне опромінення понад еволюційно звичний рівень змінило структуру популяцій і її реакцію на зовнішній подразник.

Лишайники є симбіотичними організмами автотрофної водорості й гетеротрофного гриба. Їх давно використовують як біоіндикатори навколишнього середовища. Пояснюється це якісними змінами функцій симбіонта. Слань лишайників взаємодіє з середовищем як фізичне тіло і як губка всмоктує із повітря та опадів все, що здатна поглинути, в тому числі і радіоізотопи.

Стійкість лишайників до дії іонізуючої радіації виявляли підчас проведення експериментів у природі і лабораторії. Джерело γ -випромінювання знаходилося в шахті по видобутку урану і на промисловому майданчику.

Методика польових робіт передбачала відбір зразків лишайників в однорідних ландшафтах і геоморфологічних умовах на відстані від 1 до 50 км від джерела радіоактивного забруднення. Особлива увага приділена дослідженню територій у напрямку переважання панівних вітрів. Вміст радіонуклідів у лишайниках визначали спектрофотометрично. Спостереження проводилися на макрорівні (фіксували зміни видового складу, швидкість росту, ламкість сланей) і мікрорівні. Для оцінки накопичення радіонуклідів в трофічних ланцюгах обчислювали коефіцієнт накопичення в системі лишайник – субстрат.

На техногенно забруднених територіях виділено чотири осередки концентрування лишайників: зона низької представленості епіфітів (0-2 види); зона наявності токситолерантних видів (3-4 види); зона середньої представленості (5-10 видів) і наявності середньо чутливих до забруднення видів; зона високої представленості епіфітів і наявності найчутливіших видів (15-23 види).

Із проаналізованих еколого – біоморфологічних груп лишайників складено ряд за спроможністю акумулювати радіонукліди (за ступенем зменшення спроможності): епіфітні кущисті > епіфітні листаті > епілітні листаті > епігейні кущисті. [2 с. 45]

Верхівкова молода частина слані епіфітних лишайників концентрує більше радіонуклідів за рахунок великої поглинальної спроможності. З роками за рахунок розчинення в наростаючій масі лишайника радіонукліди зміщуються із верхнього шару в нижній. В епігейних лишайниках важких радіонуклідів більше накопичується в нижній частині слані. Характерною особливістю є досить високі величини альфа-активності в сланях лишайників на всій обстеженій території.

Мікротопографія слані є важливим фактором кількості захоплених радіонуклідів. Лишайникові слані мають зморшкувату, нерівну, пористу поверхню, що сприяє акумуляції суспендованих в атмосфері частинок. Крім того, таломи лишайників мають значний за об'ємом міжклітинний простір.

Тому кущисті лишайники акумулюють радіонуклідів більше, ніж листові. Відношення Cs-137/ K-40 у лишайнику і у пилові майже однакове, що свідчить про те, що саме останній є джерелом надходження радіоцезію в слань.

Епілітні і епігейні лишайники тісно контактують з літосферними джерелами радіонуклідів. Вміст радіонуклідів досить точно відображає їх геохімічний розподіл в мінералах району досліджень, але в більшості випадків кореляція між вмістом радіонукліду в лишайниках і складом субстрату більш складна. [2 с. 68]

Очевидно, лишайники регулюють поглинання деяких радіонуклідів в надлишкових у субстратах.

Підвищення рівня активності радіоцезію в слані зі збільшенням відстані від шахти, можна пояснити тим, що органічні молекули лишайників поблизу радіаційно небезпечного джерела витратили свій потенціал на зв'язування стабільних ізотопів металів і їх ємкості не вистачило для фіксації цезію-137.

Були досліджені види лишайників на відвалах і на збереженій від техногенного впливу ділянці. В залежності від біологічної будови, субстрату лишайника активність радіонуклідів різна. Вміст Th-232 і Ra-226 в лишайниках, відібраних на відвалах шахти більше в 2-3 рази, ніж в лишайнику того ж виду, який відібраний в околицях селища Гірниче. Проба лишайника *Cladina* sp., відібрана поблизу відвалів шахти, містить значну кількість Pb-210, що вказує на потрапляння ізотопу у лишайники переважно аеральним шляхом. Радіонукліди накопичуються вибірково: Pb-210 акумулюється значно більше, ніж інших м. Ужгород, 21-22 квітня 2017 р. Встановити закономірності розподілу полонію-210 в сланях в залежності від місця знаходження лишайника, його життєвої форми і виду не вдалося. Але у порівнянні з судинними рослинами лишайники виступають концентраторами радіонуклідів, поступаючись ґрунту.

Меланінові пігменти темно забарвлених сланей краще захищають діаспори лишайників від впливу випромінювання. Інгібіторами утворення вільних радикалів в таломі можуть бути і інші лишайникові пігменти (атранорин, диварикатова і фізодова кислоти, панарин), на що вказує радіостійкість лишайників з таломом сірого кольору. Клітини фотобіонтів лишайників вміщують пептид глутатіон, а глутатіонова система відіграє важливу роль в антирадикальних реакціях. Але не потрібно переоцінювати значення цієї системи як радіопротектора, оскільки дослідженнями встановлено, чим ближче знаходиться клітина фотобіонту до поверхні слані, тим швидше талом ушкоджується при опроміненні. [3 с. 101]

У *Cladina* sp. візуально не виявлено помітних пошкоджень сланей, але подецій забарвились у коричневе. Вивчення сланей під мікроскопом, показало помітне пошкодження всередині таломів. Неочікуваними стали відмінності в поглинанні радіонукліду різними видами *Cladina*. Вони мають однакову анатомічну будову і структуру слані. Такі відмінності можна пояснити тільки

особливостями складу вторинних метаболітів або мікроструктури клітинних стінок. Отже, слід пам'ятати про природу лишайникового симбіозу, який фактично представляє паразитизм гриба на фотобіонті, і в цій асоціації фотобіонти перебувають у пригніченому стані і додатковий вплив іонізуючої радіації може прискорити загибель лишайника.

Розроблено методику кількісного аналізу зв'язків біологічних ефектів з рівнями радіаційного забруднення, яка дозволила виявити фактори, що вносять основний вклад у відповідну реакцію біологічних систем, будувати прогнозні моделі на основі найбільш суттєвих предикторів з урахування гетерогенності забруднення і варіабельності біологічних показників. [З с. 122]

Проблема біологічної дії малих доз іонізуючого випромінювання є надзвичайно важливою з огляду на необхідність достовірної оцінки ступеня небезпеки малих доз для здоров'я людини й нормування дозових навантажень.

Ліхеноіндикація дозволить дати відповіді про вплив уранодобувної промисловості на населення.

1.2 Реакція симбіонтів лишайникових асоціацій на техногенний вплив

Лишайники є надійними індикаторами забруднення і традиційно використовуються для біоіндикації, але на території Кіровограду для оцінки екологічного стану забруднення повітря важкими металами цей метод не застосовували.

Ступінь забруднення атмосфери оцінювали за допомогою методів активного і пасивного моніторингу. Перший полягав у збиранні зразків лишайників на певній території; встановленні їх систематичної належності; розрахунку індексу чистоти атмосфери, на основі якого складали карти забруднених зон. Метод активного моніторингу передбачав спостереження за змінами протягом тривалого часу за чутливими до забруднення атмосфери формами лишайників.

Зміна розмірів лишайників є одним із основних показників індикації атмосферного повітря. Найлегше слідкувати за змінами розмірів слані *Usnea Ioшцннипа*. В екологічно чистих районах цей лишайник довгими гронами звисає з гілок дерев, розташованих на різній висоті, і може вирости в довжину до 5-10 см. Зустрічаємість ияпеа Іощізіта тільки в нижній частині крони свідчить про те, що цей вид зникає (не оселяється в верхній частині стовбура, як найбільш

несприятливій частині для росту найбільш чутливих до забруднення видів). [4 с. 69]

В початковій стадії забруднення зменшуються розміри слані і зникають (відпадають) великі екземпляри на стовбурі і гілках. При тривалому забрудненні лишайники зникають в такій послідовності: з верхньої частини стовбура, з середньої частини крони, із нижньої частини стовбура, з регіональної флори.

Подальшу ранню індикацію проводили по видам, які підлягають морфологічним каліцтвам: *Usnea ясаБгага* і *Usnea / \lipendula*. Зміна морфології лишайників виражається в різного роду викривленнях і деформаціях сланей, появі додаткових виростів і відгалужень, в зменшені росту і в наявності обпалених і відламаних з почорнілими кінчиками гілочок. Деформовані слані у різних видів виглядають однаково: спостерігається одна товста довга гілка слані густо вкрита короткими боковими гілочками від основи до верхівки, а місце кожного чергового дихотомічного розділення скручене.

Поглинання металів лишайниками - процес пасивний, оснований на фізико-хімічних властивостях мембран. Рівень динамічної рівноваги металу при адсорбції і десорбції його сланню лишайника залежить від лужно-кислотних умов. При лужному типі забруднення середовища в лишайниках посилюється роль автотрофних компонентів. Це виражається в збільшені об'єму водоростевого шару. [4 с. 144]

При кислотному (в комплексі з важкими металами) забрудненні підвищується роль грибів. Різнонаправлені реакції симбіотичних партнерів лишайникових асоціацій на одні й ті ж фактори навколишнього середовища свідчать про низький рівень облігатності фізіологічних зв'язків. Їх можна охарактеризувати як динамічні типові для екосистемного рівня.

Вплив рН атмосферних опадів і сконденсованої на слані краплинно-рідинної вологи на вміст важких металів можна пояснити зменшенням розчинності їх гідроксидів. Вони починають осаджуватися в такій послідовності, в якій зменшується число випадків перевищення вмісту важких металів в „історичних” лишайниках по відношенню до „сучасних”. Зі збільшенням кислотності атмосферних опадів і кількості сконденсованої на слані вологи органічні і неорганічні сполуки металів можуть більш інтенсивно вимиватися із лишайників.

При змінах окисно - відновних і лужно - кислотах умов середовища динаміка абсорбційного - десорбційної рівноваги в сланях лишайників для кожного металу специфічна. Залізо, в окисному середовищі більш рухоме, що полегшує проникнення металу в слань лишайників; в відновному середовищі іони Be^{2+} легко утворюють комплексні сполуки. Можливо, цим і пояснюється найбільш стабільний ріст вмісту заліза в лишайниках впродовж тривалого часу в порівнянні з іншими важкими металами.

Різні види лишайників акумулюють важкі метали з різною інтенсивністю. В силу різних морфолого - анатомічних і еколого - фізіологічних особливостей лишайників вимивання поглинутих важких металів із слані відбувається неоднаково. Епілітні і епіфітні лишайники приблизно однаково реагують на динаміку зміни вмісту важких металів в атмосфері. У листатих епіфітних лишайників часові тренди накопичення важких металів більш стабільні, ніж у кущистих. [5 с. 76]

Найбільшу часову стабільність акумуляції важких металів мають Пармелії. Тільки у лишайників цього роду спостерігалось постійне збільшення вмісту марганцю в ”сучасних” зразках по відношенню до „історичних”.

Для вивчення геохімічної ролі лишайників і міграції мікроелементів були визначені коефіцієнти біологічного поглинання.

Вони розраховувалися як відношення вмісту елементу в лишайнику до його концентрації в коренезаселеному шарі - для ґрунтових видів, або в субстраті (кора дерев, скельні виходи) - для епіфітів. Використання коефіцієнтів біологічного поглинання дало змогу отримати відносну картину накопичення

елементів в різних видах лишайників одного місцезнаходження, що допомогло виявити найбільш представлені види - концентратори того чи іншого елемента.

Лишайники накопичують в таломі Мп в 10-100 разів більше, ніж вищі трав'янисті рослини. [8 с. 88]

Розрахунок показав, що ґрунтові види мають майже однакові коефіцієнти поглинання (в дужках вказані коефіцієнти поглинання): Mn(0,4) - Ni(0,5) - Fe(0,8)-Cr(1,1) - Cu(1,6) - Zn(3,2), тоді, як епіфіти різко відрізняються навіть в межах одного виду: для *Hypogymnia physodes* ряд поглинання залежить від субстрату: для тополі: Zn (0,8) - Cd(0,8) - Ni(1,1) - Cu(1,8) - Hg(3,5) - Fe(5) - Cr(7) - Mn(30); для сосни: Hg(1,3) -Mn(1,4) - Fe(2) - Cd(2,4) - Cr(2,5) - Ni(2,5) - Zn(3,5) - Cu(10).

Один і той же вид лишайника в умовах атмосферного забруднення вміщує в залежності від віку різну кількість елементів. З іншого боку в умовах чистої атмосфери, де має місце тільки глобальне перенесення забруднень, навіть різновікові екземпляри лишайників характеризуються приблизно однаковим хімічним складом.

Зміни морфологічного стану лишайників проявляються в зменшенні розмірів і різних аномаліях росту. У деяких кущистих лишайників можна спостерігати тільки зменшення розмірів, у інших видів разом зі зменшенням розмірів спостерігаються і морфологічні каліцтва. В першу чергу із регіональних флор зникають найбільш чутливі види, в яких не зафіксовані морфологічні деформації.

РОЗДІЛ 2 Розвиток лісових екосистем за умов техногенного забруднення атмосфери

2.1 Механізми розповсюдження забруднюючих речовин в атмосфері

Внаслідок інтенсивного розвитку промисловості, особливо в індустріальних регіонах, зростає кількість викидів різноманітних відходів у природне довкілля, що спричиняє хронічне його забруднення, пошкодження природних екосистем, погіршення умов життя людей. Цей процес досі не вдається зменшити до прийняттого рівня за надмірно зношеного обладнання застарілих технологій виробництва, нестачі коштів.

Забруднення навколишнього природного середовища поширюється на атмосферу, гідросферу, ґрунт та біосферу. Проте найшвидше техногенні речовини розповсюджуються з атмосферними масами та опадами. Взаємодія атмосферних забруднювачів або поллютантів з біотичною та абіотичною складовими природного довкілля ускладнюють діагностику цих впливів на екосистеми. Останнє значно утруднює моделювання аеротехногенного забруднення довкілля та прогнозування його наслідків для живої та неживої природи. Розсіювання техногенних речовин, що потрапляють у повітря, відбувається за законами динаміки атмосфери. [9 с. 177]

Фахівцями визнано, що для рослин найбільшу небезпеку складають техногенні сполуки сірки та азоту. Найпоширенішою токсичною речовиною є продукт спалювання викопного палива (нафти, вугілля, газу) - диоксид сірки (SO₂). Значний вклад у пошкодження лісів вносять також азотовмісні продукти викидів хімічної промисловості сполуки - NO, NO₂, які позначають як NO_x, оскільки в атмосфері вони часто перетворюються одна в одну. Розглянемо ці речовини детальніше.

Поширення забруднюючих атмосферу речовини або аерополлютантів у просторі залежить від багатьох чинників, основними з яких є характеристики джерел викидів, фізико-хімічний склад емісій, метеорологічні характеристики

району досліджень (горизонтальне та вертикальне переміщення повітря, опади, температурний режим, вологість повітря тощо). [11 с. 198]

Час перебування дрібнодисперсних аерозолів у нижній тропосфері, включаючи сульфати і нітрати, що утворюються з диоксиду сірки і оксидів азоту, становить декілька діб (зазвичай не більше п'яти): для H_2S - до 2 діб; для SO_4^{2-} - 5-14 діб. В умовах України сірка ($\text{SO}_2 + \text{SO}_4^{2-}$) у повітрі затримується 4,1 доби і випадає на ґрунт з інтенсивністю 5,5 кг/км² на добу, нітратний азот - відповідно 3,4 і 0,8. За цей час речовини можуть бути перенесені на десятки (NH_4^+), сотні (O_3), до 600 км (SO_4^{2-}) або тисячі (SO_2 , NO_x) кілометрів, перш ніж вони випадуть з атмосфери. Швидкість протікання хімічних реакцій, а, отже, й інтенсивність виведення речовини з атмосфери в результаті утворення вторинних забруднювачів, залежить від концентрації агентів, що вступають у реакцію, часу доби, сезону, широти місцевості, наявності хмарного покриву, температури, інтенсивності сонячного світла. Механізми видалення антропогенних полутантів з повітря досить різноманітні: атмосферні опади, хімічні реакції, процеси осадження й абсорбції.

Під впливом факторів зовнішнього середовища багато речовин-забруднювачів вступають у хімічні реакції з іншими компонентами атмосфери, утворюючи нові хімічні сполуки. Так, гази SO_2 і NO_x , вступаючи у взаємодію з атмосферною вологою (у гомогенному середовищі), порівняно швидко окислюються до кислот (швидше вдень, ніж уночі; влітку, ніж взимку), а потім у формі легкорозчинних сульфатів і нітратів, які розчиняються в атмосферній воді, випадають на земну поверхню з «кислотними» опадами за сотні кілометрів від місць утворення. За наявності в атмосфері окислювачів (озону та ін.) і вологи, частина SO_2 перетворюється на SO_3 , різко підвищуючи спільну фітотоксичність. Але найбільшу хімічну активність у взаємоперетворенні за участю озону проявляють оксиди азоту NO і NO_2 , тому їх позначають NO_x . Сильні фітотоксиканти O_3 і пероксиацетилнітрати утворюються у результаті хімічного перетворення NO . У гетерогенному середовищі речовини-забруднювачі поглинаються краплями туману, хмар або опадів чи адсорбуються на поверхні твердих часток. Аміак, взаємодіючи з водою, утворює катіон амонію. Ця реакція,

з одного боку, зменшує кислотність крапель хмар і опадів, а з іншого - сприяє подальшому поглинанню диоксиду сірки внаслідок зменшення кислотності. Аміак відіграє істотну роль у трансформації первинних фітотоксикантів. Наприклад, сульфати у результаті взаємодії з аміаком в атмосфері знаходяться в основному у вигляді амонійних солей. Аміак в атмосфері може в декілька стадій повільно окислюватися до NO_x . Частіше він утворює швидкорозчинні аерозолі, зокрема $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$, $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, NH_4OH , які теж входять до складу кислотних дощів. [13 с. 99]

2.2 Токсичність газоподібних речовин для рослин і людини та нормування забруднення атмосфери

Фахівці виділяють такі ряди токсичності газоподібних забруднювачів промислового походження для рослин: $\text{F}_2 > \text{C}_{12} > \text{SO}_2 > \text{NO} > \text{CO} > \text{CO}_2$; $\text{C}_{12} > \text{SO}_2 > \text{NH}_3 > \text{HCN} > \text{H}_2\text{S}$.

Токсичність газів для людини можна надати у вигляді такого ряду: $\text{HCN} > \text{H}_2\text{S} > \text{C}_{12} > \text{SO}_2 > \text{NH}_3$.

Найнебезпечнішим для деревних рослин (особливо хвойних) є комплекс $\text{SO}_2 + \text{NO}_x + \text{NH}_3$, який є найпершим утворювачем кислотних дощів та викидається переважно промисловими підприємствами, а також транспортом. Тому гранично допустимі концентрації (ГДК) для цих сполук було розроблено в першу чергу. Розробленням нормативів ГДК для лісових деревних рослин почали займатися 1984 р. у Москві. В Україні цими питаннями займалися В.П.Тарабрин та ін., а також фахівці УкрНДІЛГА. Зараз ГДК токсикантів як для рослин, так і для людини є загальноприйнятими. Слід підкреслити, що для рослин вони майже удвічі нижчі ніж для людини. [14 с. 22]

Отже, якщо дотримуватися нормативів регулювання забруднення природного довкілля, розроблених для людини, неможливо зберегти природу. Тому дотримання лише цих стандартів в охороні природи є хибним шляхом. Щоб зберегти прийнятну для життя людини якість довкілля, необхідно забезпечити збереження біосфери, відновити та підтримати нормальне функціонування

природних екосистем, які саме й створюють життєво необхідні ресурси та умови середовища.

Серед природних екосистем ландшафтної сфери найбільшу роль в регулюванні природних процесів, очищенні довкілля від забруднення, покращення умов життя тощо відіграють ліси. Тому їм світова спільнота відводить у свої програмах особливе значення, відстежуючи стан лісів - як показник якості довкілля.

2.3 Моніторинг аеротехногенного пошкодження лісових екосистем

Моніторинг лісів - це система регулярних спостережень, оцінки та аналізу інформації про стан лісів, прогнозування його змін під впливом природних та антропогенних чинників і розробка науково-обґрунтованих рекомендацій для інформаційно-аналітичної підтримки прийняття рішень, спрямованих на забезпечення сталого функціонування лісів. Державний комітет лісового господарства України здійснює моніторинг лісів як частину загальнодержавної системи моніторингу природного довкілля. Ця діяльність забезпечує виконання Україною вимог резолюцій міжнародних конференцій Міністрів щодо захисту лісів Європи. [14 с. 66]

З другої половини XX ст. в усіх індустріально розвинених країнах світу спостерігаються широкомасштабні пошкодження лісів, які стали поштовхом для організації різних міжнародних спільних програм моніторингу лісів (ICP Forests, FNM та ін.). В Європі лісовий моніторинг проводять 40 країн у рамках Міжнародної спільної програми оцінки та моніторингу ефектів забруднення повітря у лісах (англійською - ICP Forests), яка здійснюється під егідою Європейського Союзу та Європейської Економічної комісії ООН на виконання Конвенції про транскордонне забруднення повітря на великі відстані. Проведення моніторингу лісових екосистем обов'язкове для країн, які беруть участь у пан'європейському процесі щодо захисту лісів. Україна приєдналася до цього процесу, підписавши резолюції Стразбурської, Гельсінської та

Лісабонської конференції з питань захисту лісів Європи. Екстенсивний моніторинг I рівня (ICP-Forests) в Україні проводять з 1989 р. Моніторингові спостереження виконують з використанням дистанційних методів та ГІС-технологій. Це дає змогу постійно отримувати якісну інформацію за 20 показниками щодо часової та просторової динаміки лісових ресурсів, сприяє покращенню інформаційного забезпечення та підвищенню оперативності прийняття управлінських рішень. Розроблений у США інтенсивний моніторинг II рівня (Forest Health Monitoring (FHM)), який базується на технології моніторингу стану лісу, в Україні здійснюють з 1995 р. Крім індикації впливу на ліси стрес-факторів, на ділянках спостереження визначають головні параметри лісових екосистем, необхідні для оцінки видового біорізноманіття рослин, балансу вуглецю в лісах, впровадження технологій їх дистанційного зондування, загалом понад 200 показників. Отже, необхідність проведення довгострокового моніторингу лісових екосистем України, як інформаційної основи для реалізації принципів сталого лісокористування, зумовлена не лише національними потребами, а й міжнародними процесами. [15 с. 94]

Міжнародні системи лісового моніторингу ICP-Forests та FHM є високотехнологічними й ефективними інформаційними системами. Проте, за причини не завжди достатньої щільності мережі облікових ділянок (ICP-Forests - 16416 км) у регіонах із значною мозаїкою екотопів, біорізноманіттям екосистем, неможливо належно охопити усі важливі таксони дослідження. Іншою проблемою є недостатня узгодженість зазначених мереж з численними мережами стаціонарних об'єктів локального моніторингу, що вже давно функціонують у промислових регіонах різних країн, у т.ч. в Україні. Локальний моніторинг є комплексним дослідженням лісів у системі «джерело викидів - ландшафт - лісова екосистема».

Завдяки зазначеним дослідженням фахівцями визначено низку систем діагностичних показників антропогенної трансформації лісів на усіх рівнях організації живого. Проте проблема забруднення атмосфери досі не розв'язана. Певною мірою це спричинено системною кризою, яку нині переживає Україна на перехідному етапі формування державності, істотними диспропорціями

виробництва, амортизацією та низькою ефективністю систем очищення викидів тощо. Навіть у період зниження інтенсивності виробництва в Україні у 1990-х рр. в атмосферу щорічно викидалось біля 9 млн т фітотоксикантів, у тому числі 2,3 млн т SO₂, 2 - пилу і до 1 млн т NO_x. Це спричиняє збільшення рівня забруднення природного довкілля, утворення техногенних аномалій та прискорює деградацію лісових екосистем. Важливим механізмом розв'язання цих проблем є удосконалення екологічного моніторингу всіх рівнів організації, у тому числі локального лісового моніторингу. Це дасть змогу виявити зони екологічної небезпеки, диференціювати їх за типами, ступенем та інтенсивністю антропогенних порушень у лісових екосистемах та ландшафтах, удосконалити природоохоронні заходи. [15 с. 77]

2.4 Діагностика пошкодження лісових екосистем

Численні дослідження показали, що явища пошкодження лісів у різних регіонах мають складну природу і не викликані хворобами або шкідниками, хоча діагностичні симптоми візуально доволі подібні. Розвиток таких пошкоджень, зазвичай, спричинений численними стресорними чинниками, що діють на лісові екосистеми послідовно або одночасно, конкурентно, або взаємно підсилюючи ефект. Фахівці зазначають, що за сучасного рівня знань неможливо однозначно вказати на причини погіршення стану лісів. Найчастіше в літературі можна знайти чотири гіпотези з цього питання: газова дія на асиміляційний апарат, кислотна дія на ґрунти, порушення живлення рослин внаслідок надмірного надходження азоту у ґрунти і гіпотеза напруження - як результат сукупної дії на ліс усіх негативних чинників.

Розрізняють прямий і опосередкований вплив забруднення на рослини. Пряма дія атмосферних домішок на рослини починається з моменту контакту і сорбції їх наземними органами. Асиміляційні органи, що мають велику поверхню обміну з навколишнім природним середовищем, поглинають і осаджують з повітря найбільшу кількість атмосферних домішок і, відповідно, сильніше за інші органи зазнають змін і пошкоджень. Тому токсичність

атмосферних домішок для рослин визначають, насамперед, за їх дією на асиміляційний апарат. Непрямий вплив токсикантів на рослини опосередковано проявляється через забруднення і зміну хімізму ґрунту, вплив на життєдіяльність ґрунтової мікробіоти та інші структурні елементи лісової екосистеми. Адаптація лісових екосистем до умов середовища, що змінюються, реалізується шляхом спрощення структури деревного ярусу або його відмирання. Звільнену екологічну нішу займають більш лабільні і пластичніші трав'яні ценози нелісових типів. [18 с. 33]

Дослідники вважають промислові емісії екологічним фактором, що постійно негативно впливає на стан лісових насаджень, особливо хвойних, які за біоекологічними особливостями є вразливішими щодо забруднення, ніж угруповання листяних видів. Внаслідок зменшення продуктивності та площі лісів страждають інші екосистеми - порушуються колообіги речовин і потоки інформації та енергії у природі, на схилах активізуються процеси ерозії ґрунтів, забруднюються та міліють ріки, порушується природний баланс у цілому. Незважаючи на значну кількість наукових робіт з цієї проблеми, досліджень комплексного характеру небагато, більшість з них присвячено крупним промисловим районам. Тобто переважно розглядають зміни лише певних компонентів лісових екосистем без застосування системного підходу при визначенні ступеня порушення структурно-функціональної організації лісових екосистем. Тому зазначена наукова проблема досі є недостатньо вивченою.

Для дослідження змін в екосистемах внаслідок дії різних чинників використовують такі індикатори, як ґрунт, ґрунтові та дощові води, сніг, деревина, чагарникова і трав'яна рослинність, мохи, лишайники, ґрунтова і надґрунтова мезофауна тощо. Для оцінки порушень використовують такі показники: частота трапляння певного порушення в ландшафті; мінливість параметрів у межах ландшафту, обумовлена природними факторами та техногенними чинниками (градієнт дії або градієнт порушення); природна й «техногенна» варіабельність певних властивостей в однотипних природних комплексах.

Як показує досвід багаторічних досліджень, синтезувати отриману різноякісну і часто суперечливу інформацію про порушення природного середовища можна лише при застосуванні комплексного ландшафтного підходу. Суть ландшафтного підходу полягає у вивченні ландшафту як цілісної системи, аналізі підсистем, компонентів і елементів (індикаторів забруднення) для отримання нового синтезованого знання про його структуру і стан. У межах ландшафту одного типу властивості індикатора не лише близькі за абсолютними значеннями, але й схожі за величинами коефіцієнта варіації. У районах дії промислових об'єктів значення цього показника з наближенням до джерела викидів, зазвичай, зростає, внаслідок збільшення ступеня порушення природних систем. [19 с. 203]

Отже, зміни абсолютних значень та збільшення варіабельності параметрів індикаторів є показниками порушеності природних комплексів. Але необхідно враховувати той факт, що всі індикатори мають ландшафтні певні межі і є інформативними в одному природному комплексі. Слід підкреслити, що навіть найчутливіші індикатори забруднення не здатні відобразити реальний стан екосистеми. Тому для діагностики техногенних порушень лісових екосистем доцільно застосовувати систему індикаторів, що охоплюють різні рівні їх організації та характеризують довкілля.

Дощі, в яких рН води відмінне від природного, фонового, прийнято називати «кислотними». Розрізняють прямий вплив кислотних дощів на деревні рослини (опіки листя, руйнування хлоропластів тощо) і опосередкований - через ґрунт. Кислотні дощі призводять до інтенсифікації процесів вилугування кальцію, магнію та інших елементів з листя, що призводить до уповільнення росту рослин.

Швидкість виведення із атмосфери газоподібних забруднювачів зростає зі збільшенням їхньої розчинності у воді. Оксид азоту і оксид вуглецю мають низьку розчинність у воді і поглинаються рослинами відносно повільно. Проте гази, що добре розчинні у воді і мають високу реакційну здатність (HF, O₃, SO₂, NO₂), ефективно поглинаються поверхнею рослин. Зволоження поверхні рослин може до 10 разів збільшити швидкість поглинання ними газових домішок.

Істотний вплив на швидкість поглинання листям рослин газоподібних забруднюючих речовин з атмосферного повітря має світло, завдяки якому підвищується фізіологічна активність листя і процеси газового обміну через продихи. У світлий час доби, коли продихи листків повністю відкриті, швидкість поглинання забруднюючих речовин з атмосфери рослинами є постійною (за умови постійної вологості ґрунту). SO_2 , NO_2 поглинаються листям рослин і вночі, проте швидкість цього процесу значно менша, ніж вдень. Вологість повітря істотно впливає на ступінь відкриття продихів листків і, таким чином, може обмежувати і сповільнювати процеси поглинання речовин-забруднювачів. Встановлено, що поблизу великих водоймищ зростає інтенсивність пошкодження лісів фітотоксикантами. [19 с. 224]

Загалом основними чинниками, від яких залежить пошкодження рослин, є температура та вологість атмосферного повітря, вологість ґрунту, світло, забезпеченість рослин поживними речовинами, вік тканин і самих рослин. За найсприятливіших пошкодженню зовнішніх умов, на дуже чутливі види рослин можуть негативно впливати навіть такі низькі концентрації, як $2,0 \text{ мкг/м}^3 \text{ HF}$ або $50 \text{ мкг/м}^3 \text{ SO}_2$ упродовж доби.

В умовах повітряного забруднення велике значення має тип опадів. Дрібні краплі, маючи велику загальну поверхню, зв'язують більше фітотоксикантів. Утворення бризок при зіткненні дощових крапель з кронами дерев залежить від порід, структури намету, розподілу листя (хвої) у наметі, кутів їх прикріплення до гілок, траєкторії падіння крапель тощо. Зазвичай, конденсат, який випав з туману, поглинається тканинами хвої і накопичується в рослині, на відміну від дощової води, яка, скочуючись по листовій поверхні, вимиває з неї (і/або зв'язує) частину поживних речовин. У цьому полягає суть відомої тези, що в умовах забруднення повітря дрібнокрапельні опади з туманів у період циклонів є небезпечнішими для лісу, ніж сильні зливи.

Надходження в лісові екосистеми забруднювачів разом з туманами може призводити до вилугування біоелементів з хвої та гілок, навіть у період зимового спокою. Кислотний туман може викликати уповільнення процесу загартування до зими пагонів, пошкодження хвої, що підвищує ризик осіннього

пошкодження морозами. Є прямий зв'язок між вмістом сульфатів у листі та здатністю деревних рослин протистояти низьким температурам: збільшення вмісту сульфатів у листі на 0,1% призводить до зниження морозостійкості на 2,7°C, забруднення повітря також сприяє збільшенню чутливості до посухи.

Найінтенсивніше поглинають речовини-забруднювачі листки зовнішньої поверхні крони дерев. У цій області швидкість дифузії забруднювачів та процесів їх перетворень, обумовлених дією світла, є найбільшими. [20 с. 31]

Отже, поширення фітотоксикантів у природному довкіллі, у т.ч. в лісових екосистемах, та вплив на них - це складне явище, зумовлене багатьма чинниками. Аеротехногенні пошкодження рослин умовно поділяють на три типи: фізіологічні (приховані), хронічні та гострі. Фізіологічні ушкодження виникають при низьких концентраціях полютантів і включають зворотні та незворотні фізіологічні реакції, що можуть по-різному проявлятися. Явні зміни можуть бути наслідком як накопичених прихованих порушень, так і гострого пошкодження.

Тому на рівні лісових екосистем аеротехногенне забруднення проявляється у багатьох видах, оскільки залежить від значного комплексу різних за природою чинників. Необхідні тривалі системні дослідження, тобто інтегральна оцінка дії всіх чинників на різних рівнях біологічної організації певної екосистеми. Лише такий підхід забезпечує пізнання механізмів аеротехногенної трансформації лісів. Розглянемо її особливості залежно від рівнів структурно-функціональної організації лісових екосистем.

Ліс - це природна екосистема, здатна до самоорганізації та саморозвитку, цілісність якої забезпечує певна сукупність функціональних взаємозв'язків між структурними елементами. Зміна будь-якого компонента чи функціональної ланки цієї екосистеми спричиняє зміну інших компонентів та ланок. Причому швидкість трансформації лісової екосистеми залежить від ієрархічного рівня підсистеми, що зазнає негативного впливу, від стану еволюційних і динамічних змін та тісноти зв'язків між її компонентами. Отже, дія забруднювачів може призвести до істотної зміни структурно-функціональної організації екосистеми та навіть до її загибелі. [20 с. 44]

Лісові екосистеми є найвиразнішими об'єктами дослідження впливу забруднення на рослинність, оскільки вони відрізняються від інших рослинних асоціацій тривалим періодом життя, складністю структури, багатством видів, численними функціональними зв'язками. Вони здатні віддзеркалити велике різноманіття особливостей негативного впливу антропогенних та природних факторів та їх комплексів як у часі, так і у просторі. Водночас, маючи велику біомасу та розвинуті механізми захисту, лісові екосистеми здатні поглинути і знешкодити велику кількість токсикантів чи інших негативних впливів, стабілізувати як власну екологічну рівновагу так і взаємодію з суміжними екосистемами ландшафту.

Наразі немає узгодженої системи критеріїв оцінки ушкодження лісових екосистем промисловими емісіями. Зазвичай, вивчають лише певну групу наслідків або частину лісової екосистеми та рідко розглядається комплексний вплив несприятливих факторів на всю екосистему. Ступінь впливу аеротехногенного забруднення на лісові екосистеми залежить від концентрації токсикантів у повітрі. При дії низьких концентрацій домішок вони включаються в обмінні цикли та, залежно від характеру цих речовин, їх вплив може бути нешкідливим або навіть стимулюючим (ефект добрива). Середнім рівнем забруднення вважають таку концентрацію фітотоксикантів, яка пригнічує деякі компоненти біоти: відбувається зниження продуктивності екосистеми та її біомаси, зміни видового складу або структури угруповань. При високих концентраціях у екосистемі може відбуватися різке спрощення структури, порушення потоку речовин, зміни гідрологічного режиму та навіть ерозія ґрунтів. Речовини-забруднювачі можуть істотно погіршувати стан ландшафту, впливаючи на якість повітря, води, ґрунту, інших природних ресурсів. [21 с. 67]

Порушення колообігу хімічних елементів зумовлює в екосистемі зміни: кількості і якості спожитих мінеральних речовин; складу поживних речовин, спожитих листям рослин; кількості наявних у ґрунті поживних речовин, їх цінності для рослин; складу видів рослинності, які мають різну чутливість; динаміки розпаду гумусного шару ґрунту.

Виділяють три фази впливу поллютантів на ґрунт: 1) прояв меліоративного ефекту додаткових надходжень азоту (евтрофікація ґрунтів); 2) зменшення вмісту в ґрунті магнію, натрію, кальцію внаслідок їх вимивання; 3) негативний вплив на коріння рослин вільного алюмінію і важких металів, що призводить до передчасного відмирання деревної рослинності. Пряма дія на ґрунт найістотніша при руйнуванні рослинного покриву, який виконує роль буфера і оберігає ґрунт від безпосереднього впливу речовин-забруднювачів. Зміни у ґрунті будуть незворотними, якщо уражена рослинність не зможе відновитися навіть при зменшенні вмісту техногенних речовин у повітрі або за сприятливих умов для її зростання. Зміни у ґрунті можуть бути і зворотними завдяки великій їх здатності щодо накопичення поллютантів. [23 с. 99]

Високий вміст техногенної сірки в ґрунтах призводить до активного надходження її окислених форм у рослини. Визначальними факторами накопичення техногенної сірки у ґрунтовому профілі є кислотність ґрунтового розчину і вміст обмінних катіонів (натрію, калію, магнію, кальцію). Надходження через листя є головним шляхом поглинання сірки та азоту в сполуках SO_2 , NO , NO_2 , у той час як надходження через ґрунт та коріння є основним для проникнення аміачного та нітратного азоту з рідкими опадами. Якщо постачання поллютантів через ґрунти обмежується, зростає поглинання з повітря. За такої умови збільшується асиміляція CO_2 , прискорюються процеси росту та підвищується лужність ґрунтового розчину (місцями $\text{pH} > 8$ од.), що спричиняє часткову загибель фізіологічно активних коренів, а також значне ослаблення осмотичного тиску кореневої системи та обумовлює так звану «фізіологічну сухість» ґрунтів, яка проявляється у нездатності коренів нормально поглинати вологу внаслідок високої мінералізації ґрунтового розчину. У сосни пригнічується мікоризоутворення; лужна реакція ґрунтового розчину призводить до зниження вмісту ацетатно розчинного заліза, що спричиняє хлороз рослин; зменшення рухливості калію, кальцію і магнію, а також ступеня засвоєння рослинами калію і фосфору до критичного для живлення рослин рівня; зниження вмісту гумусу.

У цілому, в умовах аеротехногенного забруднення зміни в лісових екосистемах відбуваються у двох напрямках:

1) змінюється хімічний склад повітря, опадів, ґрунту та рослинних тканин, унаслідок чого порушується режим живлення рослин, їхній метаболізм та стійкість;

2) аеротехногенне забруднення лісових екосистем призводить до змін колообігу речовин у системі «повітря-ґрунт-вода-рослина», що проявляється у зміні внутрішньосистемних процесів і в структурно-функціональному стані екосистеми. У результаті фізіологічних стресів, відбувається зниження продуктивності деревостану, ослаблення рослин та фітоценозів спричиняє зміни консорційних взаємовідносин в екосистемі, знижується її стійкість до шкідників і хвороб, а також підвищується чутливість до змін середовища, що нерідко призводить до кліматичних стресів екосистеми. [23 с. 198]

Методи вивчення впливу полютантів на стан лісових екосистем розвивалися від методів прямих досліджень (які потребують інформації про фактори середовища) до опосередкованих, коли зміну середовища встановлюють за ступенем схожості рослинності різних ділянок. Це було спричинено тим, що отримана інформація про фактори середовища або надмірно вартісна, малодоступна, або взагалі її неможливо отримати прямим вимірюванням чи дослідженням, оскільки вона є складником інтегральних показників середнього стану факторів та їх динаміки. Тому для оцінки стану середовища широко застосовують метод фітоіндикації - розроблено низку фітоіндикаційних шкал за складом і станом рослинності.

Доволі надійним індикатором визначення стадії дигресії лісів під впливом антропогенних навантажень є зміна структури трав'яного покриву. Проте слід враховувати, що вплив аеротехногенного забруднення на трав'яний покрив проявляється здебільшого опосередковано: через пошкодження едифікаторного деревного ярусу, забруднення ґрунтів і лише частково - через пряме забруднення рослинних тканин.

Порівняно з листяними соснові ліси є значно вразливішими щодо аерофітотоксикантів, що містять сірку та азот. В умовах хронічного забруднення

відбувається розрідження соснових деревостанів та їх перебудова, що змінює радіаційний та гідрологічний режими під наметом лісу і призводить до ксерофітизації, олуговіння, переміни сукцесії надґрунтової рослинності; посилення росту підліску; зникнення наземних і стовбурових лишайників та розвитку рослинного покриву з нітрофільних трав та чагарників (*Urtica dioica* L., *Chelidonium majus* L., *Glechoma hederacea* L., *Impatiens parviflora* DC.). Ці рослини конкурують з деревами за воду та елементи живлення, і тому такі лісові насадження опиняються в умовах сильного водного дефіциту. Внаслідок поступових перемін відбувається зміна порід або взагалі лісове середовище трансформується в нелісове. [23 с. 222]

На цей час зазначені ефекти дії забруднення повітря на лісові екосистеми уже доволі детально описані. Проте необхідної інформації про взаємодію забруднення і лісових екосистем все ще недостатньо для розуміння явища, оскільки складна й динамічна взаємодія лісу різних типів, стану і будови екосистем і факторів, що на нього впливають, призводить до значної кількості реакцій мінливості цих екосистем.

Отже, забруднення повітря може впливати на лісові екосистеми на різних рівнях і по-різному: накопичення забруднювачів у рослинах, ґрунті, поверхневих водах; ураження елементів екосистем, що засвоюють ці речовини; розрив біогеохімічних циклів; порушення стабільності екосистеми; руйнування рослин і їх угруповань; ксерофітизація, олуговіння, руйнування лісової екосистеми. Ці зміни можуть відбуватися за період дії речовин від декількох годин до декількох десятків років. Але, завдяки наявності в лісових екосистемах буферних механізмів до дії токсикантів, дійсний ступінь пошкодження насаджень завжди більший, ніж це фіксують при поточному обстеженні. З цієї причини припинення емісій не відразу призводить до поліпшення стану лісу. Більше того, прояв негативних наслідків можливий через тривалий час після зняття техногенного навантаження.

Отже, забруднення природного довкілля промисловими викидами фітотоксикантів погіршують умови існування лісових екосистем, особливо малостійких соснових лісів, спричиняючи в них негативні зміни на усіх рівнях

організації живого, а іноді й повну їх деградацію. Деякі дослідники забруднення лісів вважають якісно новим екологічним чинником, близьким за силою дії до природних факторів, що спричиняє їх зміну. [24 с. 55]

У світі та в Україні більше поширений помірний за інтенсивністю але хронічний за часом тип аеротехногенного впливу на ліси. Він є небезпечним за непомітності негативних змін у лісах, які важко виявити і тому неможливо контролювати через зниження забруднення чи підвищення стійкості екосистем. Спочатку відбуваються незначні і приховані порушення на субклітинному і фізіологічному рівнях рослин. Небезпека полягає в тому, що їх вдається виявити лише після проходження межі незворотності патологічних процесів. Зазвичай пошкодження вже встигають поширитись на значну територію. Ослаблені внаслідок тривалого впливу промислових емісій лісові екосистеми техногенних зон навколо промислових об'єктів та великих міст значною мірою знижують здатність підтримувати власну природну рівновагу, буферна ємність лісових екосистем починає вичерпуватися і пошкодження їх стають сильнішими, вони поступово знижують продуктивність і руйнуються, деревостани всихають. Гострі незворотні зміни свідчать про накопичення екосистемами надмірної токсичної дози і зниження до критичного рівня їх загальної стійкості.

Завдяки великим розмірам та складності організації деградація лісових екосистем має певну інерцію. Тому навіть після зменшення рівня антропогенного навантаження потрібен ще тривалий час для відновлення нормального розвитку лісів.

У зв'язку зі складною структурно-функціональною організацією лісових екосистем та їх антропогенною трансформацією, досі недостатньо дослідженими є питання взаємозалежності розподілу негативного ефекту за рівнями організації живого, відновлення насаджень після зниження навантажень. Необхідно уточнити такі питання: за який час відновлюється лісова екосистема та які процеси при цьому відбуваються у її структурі; як змінюється конкурентна боротьба між особинами, популяціями за ресурси середовища; які деревні та чагарникові породи є стійкими до навантажень та швидше природно

відновлюються в певних умовах; прогнозувати сукцесії рослинності та подальший лісових екосистем тощо. [24 с. 84]

Потребує удосконалення методика фітоіндикації аеротехногенного забруднення лісів, зокрема, в умовах комплексного впливу людини. Досі при визначенні ступеня порушення структурно-функціональної організації лісових екосистем недостатньо застосовують системний підхід, що подекуди спричиняє неадекватні висновки та гальмує удосконалення регулювання впливу людини на ліси шляхом включення достовірної інформації про стан лісів і прогноз його змін на майбутнє в системи управління.

Отже, дослідження особливостей змін лісових екосистем Правобережжя середнього Дніпра в умовах комплексного антропогенного впливу сприятиме кращому розумінню цього явища. Отримані знання сприятимуть удосконаленню регулювання промислових викидів в індустріальних регіонах та збереженню лісів як необхідної складової природних ландшафтів, біосфери, середовища життя людини.

РОЗДІЛ 3 Загальна характеристика лишайників

Лишайники - це особливі організми, в тілі яких об'єднані водорості й гриби в нові комплекси симбіотичних організмів з новими морфологічними, фізіологічними та екологічними властивостями. Відомо більше 20 тис. лишайників

Від інших організмів, у тому числі і від окремих грибів і водоростей, лишайники відрізняються за формою, будовою, характером обміну речовин, особливими лишайниковими речовинами, способами розмноження, повільним ростом (від 1 до 8 мм на рік).

Слань лишайника складається з переплетених ниток грибниці - гіф - і розташованих між ними клітин або ниток водоростей. Розрізняють два основних типи мікроскопічної структури слані лишайників: гомеомерний і гетеромерний.

На поперечному зрізі лишайника гомеомерного типу видно, що слань утворена хаотично переплетеними гіфами гриба, поміж яких розкидані окремі клітини або нитки водоростей. Ці лишайники утворюють групу, відому під назвою слизистих лишайників, оскільки водорості виділяють слиз, в який занурені клітини гриба і водорості. [25 с. 22]

В лишайнику гетеромерного типу клітини водоростей зосереджені в одному шарі, який називається гочідіальним шаром. Під ним знаходиться серцевина, яка складається із пухко розташованих ниток гриба. Зовнішніми шарами лишайника є щільно зімкнуті грибні гіфи, які називаються корковими шарами.

За допомогою грибних ниток, що відходять від нижньої кори, лишайник прикріплюється до субстрату, на якому росте. У деяких лишайників нижня кора відсутня і він зростається з субстратом гіфами серцевини.

Водоростевий компонент лишайника (фікобіонт) представлений синьозеленими, зеленими, жовтозеленими і бурими водоростями. Представники 28 родів цих відділів водоростей вступають у симбіоз з грибами. Найпоширеніший фікобіонт лишайників - зелена водорість требуксія, в інших

зелених - хлорела, хлорокок. Із синьозелених водоростей найбільш звичайними в таломі лишайників є носток і глеокапса.

Більшість цих водоростей зустрічається у вільноживучому стані, але деякі зустрічаються, лише в лишайниках (требуksія, коккомікс тощо), у вільному стані поки що не виявлені. Водорості в слані лишайника дуже змінюють свій зовнішній вигляд. Особливо це стосується нитчастих водоростей, які в лишайнику розпадаються до окремих клітин і змінюються до невпізнанності. В лишайнику водорості стають більш стійкими до високих температур, можуть переносити тривале висушування. [25 с. 100]

При культивуванні їх на штучних середовищах (окремо від грибів) набувають вигляд, характерний для вільноживучих форм.

Слань лишайників різноманітна за формою, розмірами, будовою, забарвленням. Колір слані зумовлений наявністю пігментів у оболонках гіф і плодових тілах лишайників. Розрізняють п'ять груп пігментів: зелені, сині, фіолетові, червоні і коричневі. Пігменти утворюються тільки на світлі. Чим більше світла в місці зростання лишайників, тим яскравіше вони мають забарвлення.

За морфологічними ознаками лишайники поділяються на кіркові, листуваті і кущисті.

У коркових, або накипних, лишайників слань має вигляд забарвленої кірочки або нальоту, що приростає дуже щільно до субстрату. Товщина кірочок різна - від ледве помітного накипу або порошкоподібного нальоту до 0,5 см, діаметр - від кількох міліметрів до 20-30 см. Ростуть накипні лишайники на поверхні ґрунтів, гірських порід, корі дерев і кущів, оголеній деревині, що гниє. Ця група лишайників найбільш багата видами (близько 80%), що зустрічаються в різних умовах. [25 с. 203]

Листуваті лишайники мають форму пластинок різного забарвлення, розташованих горизонтально на субстраті (пармелія, стінна золотянка). Звичайно пластинки округлі, 10-20 см у діаметрі. Характерною особливістю листуватих лишайників є неоднакове забарвлення і будова верхньої і нижньої поверхні слані. У більшості з них на нижній частині слані утворюються органи

кріплення до субстрату - ризоїди, які складаються із зібраних у пучки гіф. Ростуть вони на поверхні ґрунту, серед мохів. Листуваті лишайники у порівнянні з накипними є більш високоорганізованими формами. [26 с. 34]

У кущистих лишайників слань стеблеподібної форми, прикріплюється до субстрату невеликими ділянками нижньої частини, а верхня частина розгалужена і піднята над поверхнею або звисає з дерев подібно до косматих грив - "бородаті лишайники". За рівнем організації кущисті лишайники - вищий етап розвитку слані, їхня слань буває різних розмірів: від кількох міліметрів до 30-50 см. Бородаті лишайники можуть досягати 7-8 м (уснея). До кущистих лишайників відносяться цетрарія, алекторія, нейропогон, евернія тощо.

Розмножуються лишайники в основному вегетативно - частинами слані, які не є спеціалізованими "органами" вегетативного розмноження. Крім того, розмноження проходить ізидіями (виростами слані), а також соредіями (невеличкими утворами, які складаються з клітин водоростей, обплетених гіфами грибів). Соредії та Іридії - особливі "органи" розмноження лишайників (див. рис. 2.30, в) як комплексних організмів.

Гриби і водорості, що входять до складу лишайника, також зберігають властиві їм способи розмноження. Соредії утворюються всередині слані в гонідіальному шарі листуватих та кущистих лишайників. Сформовані соредії виштовхуються із слані назовні, підхоплюються і розносяться вітром. При сприятливих умовах вони проростають у нових місцях і утворюють нові лишайники. Соредіями розмножується близько 30% лишайників.

Ізидії - вирости верхньої кірочки слані. Мають вигляд зернин: циліндричних або коралоподібних виростів або маленьких листочків. Всередині цих виростів знаходяться клітини водоростей, оточених гіфами гриба. На відміну від соредій ізидії не висипаються на поверхню слані, а разом з його шматочками відламуються тваринами чи людиною і в сприятливих умовах розростаються у лишайник. Розмноження ізидіями зустрічається у-15% лишайників. [27 с. 89]

Живлення лишайників здійснюється за рахунок процесу фотосинтезу у клітинах водоростей. Синтезовані при цьому органічні речовини

використовуються грибом. Дихання, поглинання води і мінеральних солей забезпечує грибний компонент (мікобіонт) слані лишайника.

Активність процесів фотосинтезу, дихання, поглинання води і мінеральних солей залежить від освітленості, температури, вологості. Інтенсивність фотосинтезу у лишайників при оптимальних умовах значно нижча, ніж у автотрофних рослин. Проте органічних речовин утворюється достатньо, щоб забезпечити нормальну життєдіяльність лишайників.

Лишайники невибагливі до умов середовища і характеризуються високою стійкістю до впливу несприятливих факторів. Вони можуть рости у найрізноманітніших умовах освітлення і вологості, легко переносять тривалі періоди без води, різкі коливання температури, але по-різному реагують на забруднення повітря. Деякі з них не витримують навіть малого забруднення повітря і гинуть, інші - живуть лише в населених пунктах, у тому числі і промислових містах. Вивчивши цю особливість лишайників, їх можна використовувати як біоіндикатори для оцінки чистоти повітря.

Ростуть лишайники на найрізноманітніших субстратах: кам'янистих породах, ґрунті, корі дерев, хвої, листках вічнозелених - рослин, мохах, гниючій деревині та інших рослинних рештках. Вони можуть поселятися на склі, шкірі, залізі, ганчірках та інших предметах, при цьому головна умова для їх поселення - тривалість перебування предмета в нерухомому стані.

Характерна біологічна особливість лишайників - утворення так званих лишайникових кислот, які відкладаються на поверхні гіф у вигляді кристалів, паличок, зерняток і т. д. Ними зумовлений колір лишайників. Відомо до 150 лишайникових кислот, які, крім лишайників, ніде не зустрічаються. Біологічне значення їх ще не вивчене. Деякі з них мають антибіотичні або токсичні властивості і, очевидно, виконують захисну функцію. [27 с. 101]

У зв'язку з широким розповсюдженням лишайники відіграють, важливу роль у природі як продуценти біомаси. Селячись на гірських породах, вони сприяють вивітрюванню їх, а після відмирання утворюють невелику кількість гумусу, на якому можуть оселятися інші рослини. Ось чому їх називають

"піонерами рослинності". Лишайники служать укриттям і їжею для багатьох безхребетних тварин. Ними живляться і деякі крупні хребетні. [28 с. 22]

Лишайники широко використовує людина в своїй господарській діяльності. Перш за все це цінний корм для північних оленів (ягель). Деякі із них використовує в їжу людина (цетрарія ісландська, умбілікарія їстівна).

У їжу людина використовує також види роду аспіцилія, відомі під назвою "манна небесна". Із лишайників отримують спирт (цетрарія ісландська, деякі види кладоній), лакмус (леканора, рочела), фарби (охролехія, деякі види рочел), їх використовують як сировину для парфюмерної промисловості (євернія сливова), в медицині для виготовлення ліків (цетрарія, леканора, лобарія тощо).

Враховуючи повільний ріст лишайників, їх використання має бути планомірним, щоб не завдати непоправної шкоди природі. [29 с. 145]

Висновки

Лишайники — це особливі організми, утворені в результаті симбіозу водорості й гриба, з новими морфологічними, фізіологічними та екологічними властивостями. Відомо понад 20 тис. видів лишайників. Характерна біологічна особливість лишайників — утворення так званих лишайникових кислот, які відкладаються на поверхні гіфів у вигляді кристалів, паличок, зерняток тощо.

У зв'язку із значним поширенням лишайники відіграють важливу роль у природі як продуценти біомаси. Селячись на гірських породах, вони сприяють їх вивітрюванню, а після відмирання утворюють невелику кількість гумусу, на якому можуть оселятися інші рослини. Ось чому їх називають "піонерами рослинності". Лишайники є укриттям та їжею для багатьох безхребетних тварин. Ними живляться і деякі хребетні.

Лишайники широко використовує людина в своїй господарській діяльності. Насамперед вони є цінним кормом для північних оленів (ягель). Деякі з них використовує в їжу людина (цетрарія ісландська, умбілікарія їстівна). В їжу використовують також лишайники роду аспіцилія, відомі під назвою "манна небесна". З лишайників добувають спирт (цетрарія ісландська, деякі види кладоній), лакмус (леканора їстівна, рочела), фарби (охролехія, деякі види рочел), їх використовують як сировину для парфумерної промисловості (євернія сливова), в медицині для виготовлення ліків (цетрарія, леканора, лобарія).

Враховуючи повільний ріст лишайників, їх використання має бути планомірним, щоб не завдати непоправної шкоди природі.

Вивченням в шкільному курсі біології закінчується другий розділ при вивченні біології в 6 класі. Дана тема підводить підсумок вивчення рослин та є узагальнюючою темою щодо вивчення грибів та водоростей.

Перелік використаних джерел

- 1 - Біологія. Підручник для 6 класу. / Мусієнко М.М., Вервес Ю.Г. – Київ.: «Генеза». 2002;
- 2 - Біологія. Підручник для 6 класу. / Морозюк С.С. – Київ.: «Генеза». 2006;
- 3 - Зоологія. Підручник для середніх загальноосвітніх шкіл. / Вервес Ю.Г., Балан П.Г., Серебряков В.В. – Київ.: «Генеза». 2006;
- 4 - Біологія. Підручник для 7 класу загальноосвітніх навчальних закладів. / Вервес Ю.Г., Балан П.Г., Серебряков В.В. – Київ.: «Генеза». 2002;
- 5 - Біологія людини. Підручник для середніх загальноосвітніх шкіл. / Шабатура М.Н., Матяш Н.Ю., Мотузний В.О. – Київ.: «Генеза». 2007;
- 6 - Біологія людини. Підручник для 8 класу середніх загальноосвітніх навчальних закладів. / Шабатура М.Н., Матяш Н.Ю., Мотузний В.О. – Київ.: «Генеза». 2004;
- 7 - Біологія людини. Підручник для 9 класу середніх загальноосвітніх навчальних закладів. / Шабатура М.Н., Матяш Н.Ю., Мотузний В.О. – Київ.: «Генеза». 2001;
- 8 - Загальна біологія. Підручник для 10-11 класів середніх загальноосвітніх шкіл. / Кучеренко М.Є., Вервес Ю.Г., Балан П.Г. – Київ.: «Генеза». 2000;
- 9 - Загальна біологія. Підручник для 10 класу середніх загальноосвітніх навчальних закладів. / Кучеренко М.Є., Вервес Ю.Г., Балан П.Г., Войціцький В.М. – Київ.: «Генеза». 2001;
- 10 - Загальна біологія. Підручник для 11 класу середніх загальноосвітніх навчальних закладів. / Кучеренко М.Є., Вервес Ю.Г., Балан П.Г., Войціцький В.М. – Київ.: «Генеза». 2006;
- 11 - Біологічний словник. – Київ.: Головна редакція УРЕ. 2006;
- 12 - Біологія (у трьох томах). / Н. Грін, У. Стаут, Д. Тейлор. – Москва.: «Мир». 2001;

- 13 - Біологія (у трьох томах). / Д. Тейлор, Н. Грін, У. Стаут.; за редакцією Р. Сопера – Москва.: «Мир». 2001, 2002;
- 14 - Біологія. Навчальний посібник. / Слюсарев А.О., Самсонов О.В., Мухін В.М. та ін.; редактор Мотузний В.О. – Київ.: «Вища школа». 2007;
- 15 - Біологія. Навчальний посібник. / За редакцією Мотузного В.О. – Київ.: «Вища школа». 2005;
- 16 - Біологія. / За редакцією Татаринова К.А. – Львів.: «Вища школа». 2003;
- 17 - Біологія. / Слюсарев А.О., Жукова С.В. – Київ.: «Вища школа». 2002;
- 18 - Довідник з біології. / За редакцією Ситника К.М. – Київ.: «Наукова думка». 2003;
- 19 - Біологія. Довідник для абітурієнтів. / Кучеренко М.Є., Вервес Ю.Г., Балан П.Г., Войціцький В.М., Матишевська О.П. – Київ.: «Генеза». 2003;
- 20 - Біологія. Комплексний довідник. / Шаламов Р.В., Дмитрієв Ю.В., Подгорний В.І. – Х Харків.: Веста «Ранок». 2006;
- 21 - Біологія. Посібник для вступників у вузи. / Мухін В.Н., Савустьяненко Т.А., Швіндерман С.П. – Донецьк. 2000;
- 22 - Біологія. Довідник школяра. / Богданова Д.К. – Донецьк. 2001;
- 23 - Біологія. Довідник школяра і студента. – Донецьк.: ТОВ ВКФ «БАО». 2006;
- 24 - Людина. Навчальний атлас з анатомії та фізіології. / За ліцензією «Дорлінг Кіндерслі» Лтд, Лондон – Львів.: «БаК». 2000;
- 25 - Анатомія і фізіологія людини. Навчальний посібник для вузів. / Гайда С.П. – Київ.: «Вища школа». 2001;
- 26 - Генетика людини. Навчальний посібник. / Атраментова Л.А. – Харків. 2000;
- 27 - Медична генетика. / Бердишев Г.Д., Криворучко І.Ф. – Київ.: «Вища школа». 2003;
- 28 - Біологія. Розв'язування задач з генетики. / Адріанов В.Л. – Київ.: «Либідь». 2005;

29 - Викладання біології в сучасній школі. / Д.К. Богданова. – Донецьк.
2000.

Додатки:



